

University of Groningen

Nuclear orientation experiments on point defects in iron and nickel

Metz, Albert

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1989

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Metz, A. (1989). *Nuclear orientation experiments on point defects in iron and nickel*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

SAMENVATTING

In dit proefschrift wordt verslag gedaan van enige experimenten die betrekking hebben op de omgeving van onzuiverheidsatomen in *een-kristallen* van ijzer en nikkel. Een een-kristal wordt gekenmerkt door de eigenschap dat de atomen op een regelmatige en symmetrische wijze geplaatst zijn op een z.g. kristalrooster. Indien een onzuiverheidsaatom op een roosterpositie is geplaatst, en als zijn naaste omgeving bovendien geen onregelmatigheden vertoont, spreken we van een *substitutionele* roosterplaats. In dat geval heerst er ter plaatse van de kern van het onzuiverheidsaatom alleen een magnetisch veld. Dit lokale magneetveld, is doorgaans veel groter dan het uitwendige magnetische veld, maar heeft wel dezelfde richting. Als zich in de nabije omgeving van zo'n onzuiverheidsaatom echter een roosterfout bevindt - b.v. een onbezette roosterplaats, ofwel *vacature* - dan zal het magnetisch veld ter plaatse van het onzuiverheidsaatom veranderen in grootte, en soms ook in richting. Bovendien zal het onzuiverheidsaatom - als de symmetrie van zijn omgeving drastisch verstoord is - ook een electrostatische wisselwerking ondervinden. Uit dit afwijkende magnetische veld en de electrostatische wisselwerking kunnen we de symmetrie van de verstoorde omgeving bepalen, en aan de hand daarvan soms ook een uitspraak doen over de aard van de roosterfout die deze verstoring teweeg brengt.

Om deze wisselwerkingen te bepalen maken we gebruik van *radioactieve* onzuiverheden, die we in het kristalrooster hebben aangebracht. Het magnetische veld beïnvloedt de ruimtelijk orientatie van de kern van het onzuiverheidsaatom, omdat deze kern in feite een klein magneetje is. De electrostatische wisselwerking beïnvloedt die orientatie eveneens, en wel dankzij het feit dat de elektrische lading van de kern niet helemaal bolvormig verdeeld is. De straling die wordt uitgezonden als de kern vervalt, bevat informatie over de sterkte en de symmetrie van de genoemde wisselwerkingen. Op deze manier kunnen de processen die zich op atomaire schaal binnen in het kristalrooster afspelen op macroscopische afstand met een stralingsdetector worden waargenomen.

Omdat de wisselwerking met de kern bijzonder zwak is, zijn er speciale technieken nodig om deze verschijnselen waar te nemen. Wij hebben gebruik gemaakt van *kernorientatie*, door het preparaat in een uitwendig magneetveld af te koelen tot een zeer lage temperatuur, van ongeveer 0.02 K. Onder die omstandigheden zal de wisselwerking tussen de kernen en het magnetisch veld de warmtebeweging overwinnen, en zullen alle kernen parallel gaan staan aan het magnetisch veld. Deze orientatie van de kernen kan men waarnemen uit het feit dat de intensiteit van de uitgezonden radioactieve straling niet meer in alle richtingen gelijk is, en *anisotroop* wordt. Vervolgens kunnen de wisselwerkingen op een zeer preciese manier gemeten worden met behulp van *kernspinresonantie*. Als een kern in een snel wisselend magnetisch veld wordt geplaatst, dan zal bij een specifieke frequentie - die wordt bepaald door de eerder genoemde wisselwerkingen - de kern in resonantie geraken en een ingewikkelde draaibeweging gaan uitvoeren. Deze beweging leidt ertoe dat de kern zijn orientatie verliest, en de anisotropie van de radioactieve straling gedeeltelijk teniet wordt gedaan.

De toepassing van deze techniek voor het onderzoek van roosterfouten in metalen is, zo moge duidelijk zijn, bijzonder gecompliceerd, en mede daardoor is er tot nu toe slechts zelden gebruik van gemaakt. Toch loont het in een aantal specifieke gevallen de moeite om deze techniek te gebruiken, omdat men er bijzonder nauwkeurige resultaten mee kan verkrijgen.

Als onzuiverheid kozen we voor dit onderzoek het radioactieve isotoop jodium-131. Om de onzuiverheden in het metaalrooster te introduceren hebben we gebruik gemaakt van de techniek van ionenimplantatie, waarbij de onzuiverheden met grote snelheid in het metaalrooster worden geschoten. Hoewel in dit geval het metaalrooster wordt beschadigd, komt een verrassend groot deel van de geïmplanteerde atomen op een substitusionele roosterplaats terecht. We hebben kunnen vaststellen dat het aantal atomen dat op een substitusionele roosterplaats terecht komt, nog veel groter is als de implantatie wordt uitgevoerd bij een temperatuur waarbij vacatures in het rooster niet mobiel zijn.

Een groot aantal van de geïmplanteerde indium atomen bevindt zich na een warmtebehandeling in het centrum van een tetraëdrische vacature cluster. Uit onze metingen blijkt dat zulke atomen een magnetisch veld ondervinden dat parallel gericht is aan het uitwendige magneetveld, terwijl voor atomen op een substitutionele roosterplaats het magnetisch veld juist tegengesteld gericht is aan het uitwendige magneetveld. Dit merkwaardige feit kan worden verklaard door aan te nemen dat het magneetveld ter plaatse van de indium-kernen is opgebouwd uit twee bijdragen met tegengesteld teken. Van deze twee bijdragen is de positieve veel gevoeliger voor de positie van de atomen in de naaste omgeving. Als zich vacatures bevinden in de omgeving van het indium-atoom zal de positieve component toenemen, waardoor het netto veld van teken wisselt.